

## Karakterizacija skroba ZP genotipova kukuruza

- Originalni naučni rad -

Marija MILAŠINOVIĆ<sup>1</sup>, Milica RADOSAVLJEVIĆ<sup>1</sup>, Jovan JAKOVLJEVIĆ<sup>2</sup> i  
Ljubica DOKIĆ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut za kukuruz "Zemun Polje", Beograd-Zemun

<sup>2</sup>Tehnološki fakultet, Novi Sad

**Izvod:** Ispitivane su hemijske (sadržaj amiloze i amilopektina) i funkcionalne (reološke) karakteristike skroba šest različitih ZP genotipova kukuruza. Prikazane su i tehnološke karakteristike zrna odabranih genotipova u skrobarskoj preradi (prinos, iskorišćenje i čistoća skroba). Rezultati su pokazali da se prinos skroba ispitivanih genotipova kretao u rasponu od 62,2% (ZP Rumenka) do 69,8% (ZP 808), što odgovara iskorišćenju od 92,4%, odnosno 95,2%. Sadržaj proteina kao važan parametar kvaliteta i čistoće dobijenog skroba bio je veoma nizak i kretao se od 0,13 do 0,25%. Skrobovi izolovani iz zrna genotipova ZP 341, ZP 434, ZP 578, ZP 808, ZP Rumenka sadrže oko 24% amiloze i 76% amilopektina, dok hibrid ZP 704<sub>wx</sub> sadrži skrob koga čini 1% amiloze i 99% amilopektina. Pored toga, utvrđeno je da postoje razlike i u reološkim karakteristikama ispitivanih skrobova. Maksimalan viskozitet skrobne paste kretao se od 830BJ kod normalnog skroba genotipa ZP 578 do 1210BJ kod voštanog skroba genotipa ZP 704<sub>wx</sub>.

**Ključne reči:** Amilopektin, amiloza, kukuruz, skrob, viskozitet.

### Uvod

U ukupnoj svetskoj proizvodnji skroba kukuruz kao sirovina učestvuje sa 83%, krompir i pšenica sa po 6%, kasava sa 4% i ostale sirovine sa 1%. Kukuruzni skrob kao osnovni proizvod primarne skrobarske prerade predstavlja polaznu sirovinu za brojne procese transformacije u daljoj industrijskoj proizvodnji. Tako danas postoji čitav niz proizvoda koji se dobijaju iz kukuruznog skroba, *Corn Annual*, 2003.

Po svojoj hemijskoj strukturi, skrob je smeša dva polisaharida, amiloze i amilopektina. Amiloza je linearna frakcija skroba sastavljena od  $\alpha$ -D-glukoze, koje

su međusobno povezane  $\alpha$ -1,4-glukozidnim vezama. Amilopektin je razgranati polisaharid kod koga su linearni delovi makromolekula-polimeri  $\alpha$ -D-glukoze povezane  $\alpha$ -1,4-glukozidnim vezama, a mesta grananja linearnih polimera su povezane  $\alpha$ -1,6-glukozidnim vezama. U proseku normalni kukuruzni skrob se sastoji od 24-26% amiloze i 74-76% amilopektina. Skrobovi određenih vrsta kukuruza, ječma i pirinča označeni kao voštani, sadrže iznad 90% amilopektina, a najčistiji sadrže samo amilopektin. Nasuprot tome, poznati su i skrobovi sa visokim sadržajem amiloze, kao što je slučaj kod visokoamiloznog kukuruza gde se sadržaj amiloze kreće od 55 do 85%, *Whistler i sar.*, 1984. Amiloza i amilopektin iako su izgrađeni samo od  $\alpha$ -D-glukoza kao monosaharidne komponente, međusobno se znatno razlikuju po svojim funkcionalnim osobinama. Odnos amiloze i amilopektina u skrobnim granulama predstavlja jedan od najvažnijih parametara koji značajno utiče na funkcionalne osobine skroba. Skrobovi koji sadrže samo jednu polisaharidnu komponentu, imaju specifične osobine i kao takvi proširuju primenu skroba, odnosno kukuruza i otvaraju nove mogućnosti posebnih primena, za koje običan kukuruzni skrob ne može da se koristi, *White*, 1994.

Izvanredna nutritivna i funkcionalna svojstva kao što su: energetska vrednost, svarljivost, viskoznost, boja, ukus, kapacitet vezivanja vode i lepljivost, sposobnost bubrenja, želatinizacija i fermentabilnost, koja se raznovrsnim transformisanjem povećavaju ili dolaze do punog izražaja (slatkoća, rastvorljivost, održavanje higroskopnosti), čine kukuruzni skrob sirovinom od posebnog značaja ne samo danas, već i u budućnosti za prehrambenu i raznovrsnu industrijsku primenu, *Johnson*, 1994, *Bekrić*, 1997, *Johnson i sar.*, 2001. Osobine skroba znatno variraju u zavisnosti od genetičke osnove kukuruza te je genetički moguće kontrolisati molekulsku strukturu skroba, a samim tim i menjati njegove osobine.

Cilj ovog rada bio je utvrđivanje hemijskih i funkcionalnih karakteristika skroba, kao i određivanje tehnološke, odnosno upotrebne vrednosti zrna različitih ZP genotipova kukuruza u mokroj, odnosno, skrobarskoj preradi.

### Materijal i metode

Kao uzorci za predmetna istraživanja u ovom radu odabrani su ZP genotipovi kukuruza različite genetičke osnove i dužine vegetacije: ZP 341, ZP 434, ZP 578, ZP 704<sub>wx</sub>, ZP 808 i ZP Rumenka. Odabrani genotipovi su gajeni 2004. godine u istim agrotehničkim uslovima na oglednim parcelama Instituta za kukuruz u Zemun Polju. Setva kukuruza izvršena je po metodi potpuno slučajnog rasporeda parcela u dva ponavljanja.

Metode korišćene za određivanje kvaliteta zrna kukuruza odnosno, njegovog osnovnog hemijskog sastava i fizičkih karakteristika detaljno su opisane u ranije objavljenim radovima, *Bekrić*, 1997, *Radosavljević i sar.*, 2001. Za određivanje tehnoloških (procesnih) karakteristika odabranih ZP genotipova kukuruza u skrobarskoj preradi korišćena je modifikovana laboratorijska metoda mokrog mlevenja 100 grama zrna, *Eckhoff i sar.*, 1996, *Singh i sar.*, 1997. Sadržaj proteina u izolovanim

kukuruznim skrobovima određen je standardnom metodom po Kjeldahl-u. Za određivanje sadržaja amiloze odnosno odnosa amiloze i amilopektina u izolovanim kukuruznim skrobovima korišćena je novija modifikovana kolorimetrijska metoda, **McGrance i sar.**, 1998. Modifikacija navedene kolorimetrijske metode se sastojala u rastvaranju uzoraka skroba u dimetil-sulfoksidu (DMSO) na nesto visoj temperaturi (90°C) i u dužem vremenskom periodu (30 min).

Viskozitet izolovanih skrobova određen je Brabender-ovim visko-amilografom (C.W. Brabender Inc. Haskensack N.J.): skrobna suspenzija (500 g), čija je koncentracija 8% za kukuruzne skrobove, zagrevana je konstantnom brzinom zagrevanja od 1,5°C min<sup>-1</sup> do temperature od 95°C. Temperatura od 95°C je održavana u trajanju od 30 min, a potom je tako dobijena skrobna pasta hladena do 50°C brzinom od 1,5°C min<sup>-1</sup>, i po postizanju 50°C temperatura je održavana konstantnom u toku narednih 30 minuta.

### Rezultati i diskusija

Najznačajniji parametri hemijskog sastava i fizičkih svojstava zrna ispitivanih genotipova prikazani su u Tabeli 1, dok su rezultati ispitivanja njihovih tehnoloških karakteristika u skrobarskoj preradi prikazani u Tabeli 2.

*Tabela 1. Sadržaj skroba, sadržaj proteina, hektolitarska masa, gustina i udeo meke frakcije endosperma različitih ZP genotipova kukuruza*  
*Starch Content, Protein Content, Test Weight, Density and Proportion of Soft Endosperm Fraction of Different ZP Maize Genotypes*

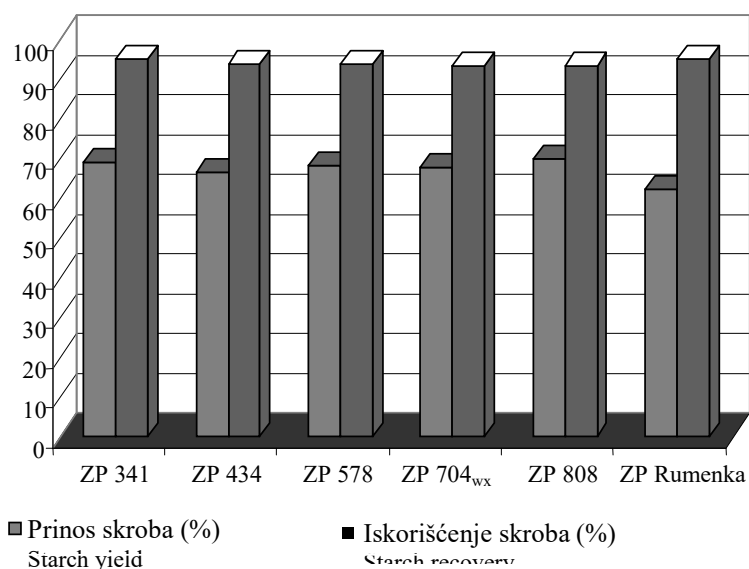
Genotip Genotype	Sadržaj skroba (%) Starch Content	Sadržaj proteina (%) Protein Content	Hektolitarska masa (kgm <sup>-3</sup> ) Test Weight	Gustina (gcm <sup>-3</sup> ) Density	Udeo meke frakcije endosperma (%) Proportion of Soft Endosperm Fraction
ZP 341	72,8	8,8	834,3	1,28	45,9
ZP 434	70,9	9,7	835,6	1,27	43,8
ZP 578	72,8	9,3	854,9	1,29	49,0
ZP 704 <sub>wx</sub>	72,7	9,6	826,1	1,25	44,3
ZP 808	73,1	8,4	823,5	1,26	42,9
ZP Rumenka	66,0	10,7	822,8	1,23	38,2
Min	66,0	8,4	822,8	1,23	38,2
Max	73,1	10,7	854,9	1,29	49,0
sd	2,8	0,8	12,1	0,02	3,6

Poznato je da je za mokru preradu pogodan kukuruz mekog, odnosno brašnastog tipa endosperma koji se lakše i kraće moči, što kasnije omogućava bolju separaciju skroba i glutena. U našim ranijim istraživanjima utvrđeno je da ZP hibridi sa povećanim sadržajem skroba, manjom hektolitarskom masom i gustom, a većim udelom meke frakcije endosperma daju veće prinose i iskorišćenja skroba u mokroj

preradi, **Milašinović**, 2005. Pored sadržaja skroba koji jeste bitan ali ne i dovoljan uslov za postizanje visokog prinosa i iskorišćenja skroba veoma je važan i sadržaj proteina u znu kukuruza.

Tabela 2. Tehnološke karakteristike mokrog mlevenja zrna različitih ZP genotipova kukuruza  
Technological Quality of Wet Milling of Grain of Different ZP Maize Genotypes

Genotip Genotype	Prinos klice (%) Germ yield	Prinos mekinje (%) Bran yield	Prinos glutena (%) Gluten yield	Prinos skroba (%) Starch yield
ZP 341	7,7	10,3	7,1	69,3
ZP 434	8,2	10,7	6,9	66,5
ZP 578	8,0	9,5	7,3	68,4
ZP 704 <sub>wx</sub>	7,8	9,8	7,8	67,9
ZP 808	6,8	10,7	6,1	69,8
ZP Rumenka	9,7	13,3	8,1	62,2
Min	6,8	9,5	6,1	62,2
Max	9,7	13,3	8,1	69,8
sd	0,95	1,4	0,71	2,8



Slika 1. Uporedni prikaz prinosa i iskorišćenja skroba ZP genotipova kukuruza  
Comparative representation of starch yield and recovery of ZP maize genotypes

Rezultati prikazani u Tabeli 2 su pokazali da je prinos skroba bio najniži kod genotipa ZP Rumenke (62,2%), a najviši kod genotipa ZP 808 (69,8%). Najveće iskorišćenje skroba (95,3%) dobijeno je za genotip ZP Rumenka. Dakle, za genotip ZP 808 dobijen je najbolji rezultat u pogledu prinosa ali ne i iskorišćenja skroba.

Uporedni prikaz prinosa i iskorišćenja skroba različitih ZP genotipova kukuruza dat je na Slici 1. Uočava se da su četiri genotipa kukuruza (ZP 434, ZP 578, ZP 704<sub>wx</sub> i ZP 808) imali jednake vrednosti u pogledu iskorišćenja skroba dok su prinosi skroba za iste bili različiti. Takođe, genotipovi ZP 341 i ZP Rumenka imali su približno jednake i najviše vrednosti za iskorišćenje skroba dok su prinosi skroba za iste bili veoma različiti. Ranije objavljeni rezultati stranih autora pokazuju da varijabilnost prinosa skroba u mokroj preradi najviše zavisi od genetičke osnove (oko 70%), dok je uticaj faktora spoljašnje sredine oko 30%, *Singh i sar.*, 2001, *Zehr i sar.*, 1996.

Sadržaj proteina u izolovanim skrobovima kretao se od 0,13% do 0,25%, što ukazuje na dobar kvalitet i čistoću dobijenih skrobova (Tabela 3). Sadržaj amiloze u izolovanim skrobovima kretao se od 1% kod ZP 704<sub>wx</sub> do 23,5-24,0% kod genotipova ZP 341, ZP 434, ZP 578, ZP 808 i ZP Rumenke (Tabela 3). Prema sadržaju amiloze i amilopektina ispitivani skrobovi se mogu podeliti u dve grupe: normalne (ZP 341, ZP 434, ZP 578, ZP 808 i ZP Rumenka) i voštane (ZP 704<sub>wx</sub>) kukuruzne skrobove. Ovi rezultati u skladu su sa ranije objavljenim rezultatima istraživanja, *Radosavljević i sar.*, 1995.

Tabela 3. Sadržaj proteina, amiloze i amilopektina u izolovanim skrobovima ZP genotipova kukuruza

*Contents of Protein, Amylose and Amylopectin in Isolated Starches of ZP Maize Genotypes*

Poreklo skroba Starch origin	Sadržaj proteina (%) Protein content	Sadržaj amiloze (%) Amylose content	Sadržaj amilopektina (%) Amylopectin content
ZP 341	0,15	23,5	76,5
ZP 434	0,25	23,5	76,5
ZP 578	0,23	23,5	76,5
ZP 704 <sub>wx</sub>	0,13	1,0	99,0
ZP 808	0,13	24,0	76,0
ZP Rumenka	0,18	23,5	76,5
Min	0,13	1,0	76,0
Max	0,25	24,0	99,0
sd	0,05	9,2	9,2

U odnosu na skrobove drugih botaničkih vrsta (krompir, voskasti sirak), normalni kukuruzni skrob se odlikuje umereno izraženim maksimalnim viskozitetom i slabo izraženim pucanjem granula tokom kuvanja paste. Kukuruzni skrob pokazuje izrazitu tendenciju povećanja viskoziteta tokom hlađenja paste što je posledica veoma izražene retrogradacije njegove linearne frakcije. Rezultati reoloških ispitivanja izolovanih kukuruznih skrobova su prikazani u Tabeli 4.

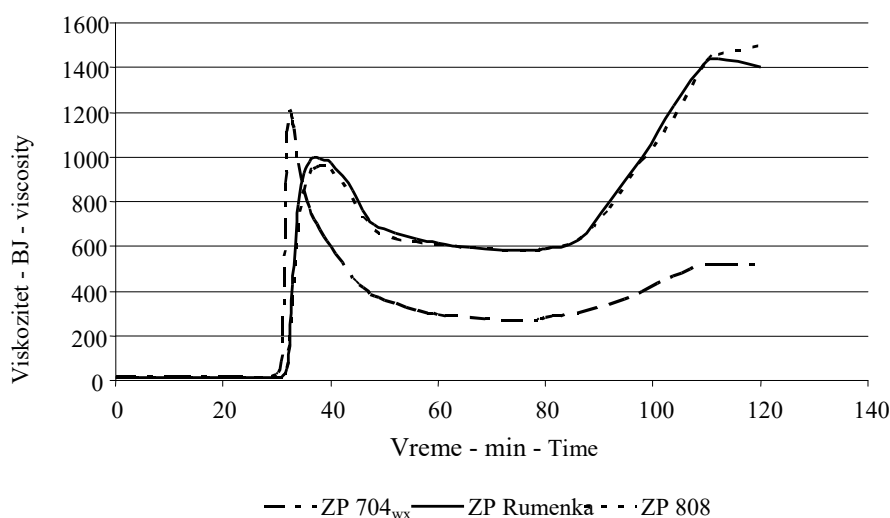
Na osnovu prikazanih rezultata u Tabeli 4 uočava se da je skrob izolovan iz genotipa ZP 704<sub>wx</sub> imao najveći pad viskoziteta paste tokom kuvanja na 95°C (940 BJ) kao i najmanji porast viskoziteta paste tokom hlađenja na 50°C (250 BJ). Skrobna pasta genotipa ZP 341 imala je najmanji pad viskoziteta tokom kuvanja na 95°C (310 BJ) i istovremeno najveći porast viskoziteta tokom hlađenja na 50°C (940

Tabela 4. Reološke karakteristike izolovanih kukuruznih skrobova\*  
*Rheological Characteristics of Isolated Maize Starches*

Poreklo skroba Starch origin	T <sub>sp</sub> (°C)	T <sub>max</sub> (°C)	V <sub>max</sub> (BJ)	V <sub>95°C</sub> (BJ)	V <sub>50°C</sub> (BJ)
ZP 341	71,2	81,0	870	560	1500
ZP 434	71,2	81,5	890	520	1270
ZP 578	72,7	84,5	830	500	1270
ZP 704 <sub>wx</sub>	71,4	73,5	1210	270	520
ZP 808	73,3	81,0	960	580	1500
ZP Rumenka	73,6	80,0	1000	580	1400
Min	71,2	73,5	830	270	520
Max	73,6	84,5	1210	580	1500
sd	1,1	3,64	137,1	118,1	369,0

\*T<sub>sp</sub>-temperatura stvaranja skrobne paste - temperature of starch paste production; T<sub>max</sub>-temperatura maksimalnog viskoziteta - temperature of maximum viscosity; V<sub>max</sub>-maksimalan viskozitet - maximum viscosity; V-viskozitet na 95°C (nakon 30 min) - viscosity at 95°C (after 30 min); V-viskozitet na 50°C (nakon hlađenja) - viscosity at 50°C (after cooling).

BJ). Temperatura postizanja maksimalnog viskoziteta paste se kretala od 73,5°C kod skroba genotipa ZP 704<sub>wx</sub> do 84,5°C kod skroba genotipa ZP 578. Utvrđene razlike viskoziteta ispitivanih skrobova prikazane su karakterističnim viskoamilogramima genotipova ZP 704<sub>wx</sub>, ZP 808 i ZP Rumenka na Slici 2.



Slika 2. Amilogrami za pojedine izolovane skrobove  
*Amylograms for certain isolated starches*

### Zaključak

Na osnovu rezultata dobijenih ispitivanjem skroba šest različitih ZP genotipova kukuruza mogu se izvesti sledeći zaključci:

Sadržaj proteina u izolovanim skrobovima je bio veoma nizak ( $<0,3\%$ ), što ukazuje na dobar kvalitet odnosno čistoću dobijenih skrobova.

Sadržaj amiloze i amilopektina u izolovanim skrobovima je karakterističan za normalne (ZP 341, ZP 434, ZP 578, ZP 808 i ZP Rumenka), odnosno voštane kukuruzne skrobove (ZP 704<sub>wx</sub>).

Utvrđeno je da postoje razlike u reološkim karakteristikama izolovanih skrobova ZP genotipova kukuruza.

Genotip sa najvećim prinosom skroba (ZP 808) nije dao i najveće iskorišćenje skroba. Genotipovi sa manjim prinosom skroba (ZP 341 i ZP Rumenka) dali su najveće iskorišćenje skroba.

### Literatura

- Bekrić, V.** (1997): Kvalitet kukuruza i kako ga meriti. U: Upotreba kukuruza, izd. Institut za kukuruz "Zemun Polje", Beograd-Zemun, str. 201-242.
- Corn Annual 2003** (2003): Corn Refiners Association, Washington, D.C., USA.
- Eckhoff, S.R., S.K. Singh, B.E. Zehr, K.D. Rausch, E.J. Fox, A.K. Mistry, A.E. Haken, Y.X. Niu, S.H. Zou, P. Buriak, M.E. Tumbleson and P.L. Keeling** (1996): A 100-g laboratory corn wet-milling procedure. *Cereal Chem.* **73** (1): 54-57.
- Johnson, L.A.** (1994): Corn Processing and Utilization. In: Encyclopaedia of Agricultural Science 1, ed. Academic Press, Center for Crops Utilization Research, Iowa State University, USA.
- Johnson, L.A., C.L. Hardy, C.P. Baumel and P.J. White** (2001): Identifying valuable corn quality traits for starch production. *CFW* **46** (9): 417-423.
- McGrance, S.J., H.J. Cornell and C.J. Rix** (1998): A simple and rapid colorimetric method for the determination of amylose in starch products. *Starch* **50** (4): 158-163.
- Milašinović, M.** (2005): Fizičke, hemijske i tehnološke karakteristike novih ZP hibrida kukuruza. Magistarski rad, Tehnološki fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad.
- Radosavljević, M., V. Bekrić, I. Božović i G. Radović** (1995): Hemijske i funkcionalne osobine skroba zrna kukuruza. Knj. rad. Simpozijuma sa međunarodnim učešćem "Oplemenjivanje, proizvodnja i iskorišćavanje kukuruza - 50 godina Instituta za kukuruz "Zemun Polje"", 28-29. septembar 1995, Beograd, Jugoslavija, str. 425-433.

- Radosavljević, M., I. Božović, V. Bekrić, J. Jakovljević, R. Jovanović i S. Žilić** (2001): Savremene metode određivanja kvaliteta i tehnološke vrednosti kukuruza. *PTEP* **5** (3):85-88.
- Singh, S.K., L.A. Johnson, L.M. Pollak, S. R. Fox and T.B. Bailey** (1997): Comparison of laboratory and pilot-plant wet corn-milling procedures. *Cereal Chem.* **74** (1): 40-48.
- Singh, S.K., L.A. Johnson, L.M. Pollak and C.R. Hurburgh** (2001): Heterosis in compositional, physical, and wet-milling properties of adapted x exotic corn crosses. *Cereal Chem.* **78** (3): 336-341.
- Whistler, R.L., J.N. BeMiller and E.F. Paschal** (1984): *Starch: Chemistry and Technology*, ed. Academic Press, Inc. London Ltd., UK.
- White, P.** (1994): Properties of Corn Starch. In: *Speciality Corns*, ed. A. Hallauer, CRC-Press, Ames, Iowa, USA.
- Zehr, B.E., S.R. Eckhoff, W.E. Nyquist, and P.L. Keeling** (1996): Heritability of product yields from wet-milling of maize grain. *Crop Sci.* **36**: 1159-1165.

Primljeno: 18.06.2006.

Odobreno: 04.09.2006.

\*                      \*

\*



## Starch Characterisation of ZP Maize Genotypes

- Original scientific paper -

Marija MILAŠINOVIĆ<sup>1</sup>, Milica RADOSAVLJEVIĆ<sup>1</sup>, Jovan JAKOVLJEVIĆ<sup>2</sup> and  
Ljubica DOKIĆ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Maize Research Institute, Zemun Polje, Belgrade-Zemun

<sup>2</sup>Faculty of Technology, Novi Sad

### Summary

Chemical (amylose and amylopectin content) and functional (rheological) properties of starch from six different ZP maize genotypes were determined. Results of technological characteristics of the selected genotypes in wet-milling (starch yield, recovery and purity) are presented too.

Obtained results show that the starch yield of the selected genotypes ranged from 62.2% in ZP Rumenka to 69.8% in ZP 808, which corresponded to starch recovery in the amount of 92.4%, and 95.2%, respectively. The protein content as an important quality factor and a purity indicator of isolated starches was very low (0.13-0.25%). The starches from genotypes ZP 341, ZP 434, ZP 578, ZP 808, ZP Rumenka approximately contained 24% of amylose and 76% of amylopectin, and the waxy hybrid ZP 704<sub>wx</sub> contained the starch composed of 1% of amylose and 99% of amylopectin. Furthermore, differences in rheological characteristics of these starches were found too. The maximum viscosity of starch paste ranged from 830BJ in normal starch in the genotype ZP 578 to 1210BJ in waxy starch in the genotype ZP 704<sub>wx</sub>.

Received: 18/06/2006

Accepted: 04/09/2006

*Adresa autora:*

Marija MILAŠINOVIĆ

Institut za kukuruz "Zemun Polje"

Slobodana Bajića 1

11185 Beograd-Zemun

Srbija

E-mail: mmilasinoVIC@mrizp.co.yu